

Japanese Laid-Open Patent Publication No. 9-27608

Date of Publication: January 28, 1997

Application No. 8-116196

Date of Application: May 10, 1996

Priority Claim Application No.: 7-112790

Priority Date: May 11, 1995

Priority Country: Japan

Applicant: Sony Kabushiki Kaisha

Inventors: Jyunya Suzuki et al.

Title of the Invention: SOLID STATE IMAGING DEVICE AND  
METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

CLAIMS:

1. A solid-state imaging device provided with a photoreceptor for performing photoelectric conversion, and a light-shield film disposed so as to not cover a light-receiving surface of the photoreceptor, the solid-state imaging device being characterized by:

a transparent lens layer made of a first transparent material having a concave lens with the concavity facing the opposite side relative to the light-receiving surface and covering the light-receiving surface of the photoreceptor; and

a flattened transparent layer, at least the uppermost surface of which is flattened, and which is made of a second transparent material having a higher refractive index than the first transparent material, is superimposed over and in contact with the transparent lens layer.

2. A method for manufacturing a solid-state imaging device provided with a photoreceptor for performing photoelectric conversion, and a light-shield film disposed

so as to not cover the light-receiving surface of the photoreceptor, the method being characterized by the steps of:

- forming a first transparent material layer made of a first transparent material covering the light-shield film and the light-receiving surface of the photoreceptor;

- forming a resist layer on the first transparent material layer, and forming channels in the resist layer near the position directly over the margin of the light-receiving surface;

- softening and melting the resist layer through heating;

- forming a first flattened layer on the softened and melted resist layer;

- performing etching using an etching agent having a higher etching rate for the resist layer than for first flattened layer, and removing the first flattened layer and resist layer to expose the first transparent material layer; and

- forming on the exposed first transparent layer a second flattened layer made of a second transparent material having a higher refractive index than the first transparent material.

#### [DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001] [FIELD OF THE INVENTION] The present invention relates to a solid-state imaging device using a charge-coupled element (CCD).

[0002] [RELATED ART] Since there are regions which are unaffected by photoelectric conversion, such as a transfer register and the like, present in each pixel in this conventional type of solid-state imaging device, the

aperture efficiency of the light-receiving surface of the photoreceptor over the entire pixel surface is normally below 50%, and the incidence light utilization factor is inadequate and unsatisfactory. To eliminate this dissatisfaction and improve sensitivity, consideration has been given to, for example, increasing the proportion of the light-receiving surface over the entire pixel surface; however, since increasing the proportion of the light-receiving surface is structurally limited, in recent years a convex micro lens has been provided on the light-receiving surface; the proposed solid-state imaging device has a so-called on-chip micro lens so as to concentrate and effectively condense the incidence light on the light-receiving surface, and thereby increase the effective aperture efficiency.

[0003] Fig. 6 is a side cross section view showing an example of a conventional solid-state imaging device using the aforesaid convex micro lens. In Fig. 6, reference number 1 refers to a solid-state imaging device, and reference number 2 refers to semiconductor substrate. Formed on the surface of the semiconductor substrate 2 are a photoreceptor 3 for performing photoelectric conversion, transfer register 4, and channel stop 5, and on that surface a thin insulating film 6 is further provided. Furthermore, upon the insulating film 6 are formed a transfer electrode 7 for driving the transfer register 4, and finally a light-shield film 8 which covers the transfer electrode 7 so as to block light from impinging the transfer electrode 7 and transfer register 4. The light-shield film 8 formed over the insulating film 6 is formed so as to not cover the light-receiving surface 3a of the photoreceptor 3.

[0004] Then, a convex micro lens 9, which is made of transparent resin or the like, is formed on top of the unit pixels consisting of the previously described structural elements. When formed, the micro lens 9 is arranged so as to focus on the light-receiving surface 3a of the photoreceptor 3; when light enters, the solid-state imaging device 1 with this structure gathers the incidence light to the light-receiving surface 3a by means of the condensing effect of the micro lens 9, so as to thereby effectively increase the effective aperture efficiency.

[0005] [PROBLEMS THAT THE INVENTION IS TO SOLVE] In the solid-state imaging device 1, the top side of the micro lens 9 must be covered by air or a low refractive index layer 10 made of material having a refractive index sufficiently lower than that of the material of the micro lens 9 in order to provide the micro lens 9 with a condensing effect. Accordingly, a so-called hollow package structure in which air is sandwiched between a chip and seal member is ideal for use as a package structure. However, since this hollow package structure has a high assembly cost compared to the typical molded package structure used as a semiconductor device, reducing this cost is very desirable.

[0006] Since the condition of having a low refractive index is added to the performance factors determined by the molding material, including transparency, moisture resistance, and strength when employing the molded package structure, the selection of the molding resin material is very severely restricted, and in fact no such suitable material has been found. In view of this information, an object of the present invention is to provide a solid-state imaging device and its manufacturing method in which the

device has a micro lens structure capable of employing a molded package structure without employing a hollow package structure.

[0007] [MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS] The solid-state imaging device of the present invention resolves the previously described problems by providing a transparent lens layer made of a first transparent material having a concave lens with the concavity facing the opposite side relative to the light-receiving surface and covering the light-receiving surface of the photoreceptor, and a flattened transparent layer, at least the uppermost surface of which is flattened and which is made of a second transparent material having a higher refractive index than the first transparent material, is superimposed over and in contact with the transparent lens layer.

[0008] Since this solid-state imaging device provides a transparent lens layer having a concave lens with the concavity facing the opposite side relative to the light-receiving surface, and provides flattened transparent layer, which is made of a transparent material having a higher refractive index than the material of the transparent lens layer, superimposed over and in contact with the transparent lens layer, if the transparent lens layer is formed beforehand such that the focal point of the concave lens is on the light-receiving surface by means of the difference in the refractive indices of the transparent flattened layer and the transparent lens layer, then the device has a high effective aperture efficiency similar to that of the conventional device. Furthermore, since the outermost layer which is the transparent flattened layer is formed of a material having a high refractive index, well-known

transparent resins and the like, for example, can be used as this material, and since there is increased freedom in selecting the material and the hollow package structure is unnecessary, the assembly cost can be reduced. Moreover, molding resins can be directly used as the material for forming the transparent flattened layer, in which case the assembly cost can be reduced even further.

[0009] The method of manufacturing the solid-state imaging device of the present invention resolves the previously mentioned problems by providing a process of forming a first transparent material layer made of a first transparent material covering the light-shield film and the light-receiving surface of the photoreceptor; a process of forming a resist layer on the first transparent material layer, and forming channels in the resist layer near the position directly over the margin of the light-receiving surface; a process of softening melting the resist layer by heating; a process of forming a first flattened layer on the softened and melted resist layer; a process of etching using an etching agent having a higher etching rate for the resist layer than for first flattened layer, and removing the first flattened layer and resist layer to expose the first transparent material layer; and a process of forming on and in contact with the exposed first transparent layer a second flattened layer made of a second transparent material having a higher refractive index than the first transparent material.

[0010] Since the method of manufacturing the solid-state imaging device of the present invention provides that a first transparent material layer is formed on the light-receiving surface, and a resist layer is formed on the first

transparent material layer, and channels are formed in the resist layer near the position directly over the margin of the light-receiving surface, and the resist layer is subsequently softened and melted by heating, the resist layer has reduced surface tension on the channel side, and increased surface tension at positions a distance from the channels, such that a convex curve is formed. Then, since the first flattened layer is formed over the resist layer and etched using an etching agent which has a higher etching rate relative to the resist layer than the first flattened layer, the etching speed increases after the first flattened layer has been etched at the positioned at which the resist layer is provided.

[0011] Therefore, when the etching of the first flattened layer is completed at the locations where the resist layer is not provided, the etching of the resist layer has previously ended at locations where the resist layer was provided, such that thereafter etching progresses to the first transparent material layer. This time etching at the first transparent material layer progresses in accordance with the thickness of the resist layer, that is, faster at locations where the resist layer is thick and slower at locations where the resist layer is thin; accordingly, when etching ends, a shape which is the reverse of the resist layer before softening and melting, that is, a concave curve, is formed in the first transparent material layer. Then, since a second flattened layer, which is made of a second transparent material having a higher refractive index than the first transparent material, is formed over and in contact with the first transparent material layer after the concave curve has been formed in the first transparent material layer, and a solid-state imaging device

is obtained in which the concave curve part becomes a concave lens over which is formed a transparent flattened layer made of a transparent material.

[0012] [EMBODIMENTS OF THE INVENTION] The present invention is described in detail below by way of embodiments. { Fig. 1 } shows an example of a first embodiment of the solid-state imaging device of the present invention, and reference number 11 in Fig. 1 refers to solid-state imaging device. This solid-state imaging device 11 differs from the solid-state imaging device 1 shown in Fig. 6 in that it has a micro lens structure formed on the insulating layer 6 and light-shield film 8. That is, in the solid-state imaging device 11 shown in Fig. 1, a transparent lens layer 12 is formed on the insulating layer 6 which covers the light-receiving surface 3a of the photoreceptor 3, and a transparent flattened layer 13 is formed on the transparent lens layer 12.

[0013] Since the transparent lens layer 12 made of a material (first transparent material) such as a transparent fluoro-resin such as CYTOP (commercial name; manufactured by Asahi Glass Co., Ltd.), or the like, a transparent acrylic resin adjust to lower the refractive index and the like, it has a refractive index of approximately 1.2-1.4.

Furthermore, many concave lenses 12a are formed on the top surface of the transparent lens 12, that is, the surface on the opposite side from the light-receiving surface 3a, such that the concavities of the concave lenses 12a face the opposite side relative to the light-receiving surface 3a. Since these concave lenses 12a are respectively formed in one-to-one correspondence with each unit pixel of the solid-state imaging device 1, the focal points of these concave

Layer 12

$n = 1.2 - 1.4$   
index



lenses 12a are focused on the light-receiving surface 3a of the photoreceptor 3 at the same unit pixel as described later.

[0014] Since the transparent flattened layer 13 is made of a material (second transparent material) such as transparent epoxy resin, or transparent acrylic resin, or transparent silicon resin or the like which has a relatively high refractive index, the refractive index of the layer 13 can be adjusted to approximately 1.5~1.7. The transparent flattened layer 13 is formed in direct contact with the top surface of the transparent lens layer 12; accordingly, the concave lenses 12a can gather light entering from the top of the transparent flattened layer 13 at one location without the dispersion indicated by the arrow in Fig. 1, by means of the difference in the refractive indices between the top side (light entering side) and the bottom side (light exiting side), that is, by increasing the refractive index of the transparent flattened layer 13 on the side from which the light enters, and decreasing the refractive index of the transparent lens layer 12 on the side from which light exits.

Layer 13  
R<sub>index</sub> = 1.5-1.7

[0015] An embodiment of the method of manufacturing the solid-state imaging device of the present invention is described below based on the method of manufacturing the solid-state imaging device 11 having the previously described structure. First, as shown in Fig. 2(a), structural elements including the photoreceptor 3, transfer register 4, channel stop 5 are formed on a semiconductor substrate 2 in the same manner as in the conventional art by photo resist, ion implantation and the like; then, superimposed on these are an insulating film 6, transfer

electrode 7, and light-shield film 8 formed in the same manner as in the conventional art by photo resist, ion implantation, thermal oxidation, deposition and the like. Next, a first transparent material layer 14 made of a first transparent material is formed to cover the insulating film 6 and light-shield film 8. Transparent fluororesins, transparent acrylic resins and the like having a refractive index of approximately 1.2~1.4, as previously described, may be used as the first transparent material. When the first transparent material layer 14 is formed, the top surface is flattened by well-known conventional means.

[0016] Next, a resist layer is formed on top of the first transparent material layer 14. The resist for forming the resist layer is not specifically limited and usable examples include well-known resists such as polymethyl methacrylate (PMMA) and the like. The formed resist layer is subjected to patterning by well-known optical exposure/developing art, so as to form channels 16 near the position directly above the margin of the light-receiving surface 3a, as shown in Fig. 2(c). Then, the obtained resist pattern 15 of the resist layer is heated to soften and melt the resist pattern 15. Although this heating process will differ depending on the type of resist used, process will, for example, maintain a temperature of approximately 150°C for several minutes when polymethyl methacrylate is used. When this heating process is performed, the resist pattern becomes a resist pattern 15a having a convex curve on top as shown in Fig. 2(d) as a result of the reduction in surface tension on the channels 16 side and increase in surface tension at positions a distance from the channels 16.

[0017] Next, a layer made of a resist material, for

example, novolak resin and the like, is formed over on the softened and melted resist layer 15a, then a first flattened layer 17 is formed thereon so as to flatten the surface of the layer by a well-known flattening art, as shown in Fig. 2(e). Then, the first flattened layer 17, that is the material of the first flattened layer 17, is subjected to etching using an etching agent which has a higher etching rate relative to the resist layer (resist 15a), so as to remove the resist layer 15a and the first flattened layer 17 and expose the first transparent material layer 14, as shown in Fig. 2(f).

[0018] When etching is performed in this manner, the etching speed increases after the first flattened layer 17 has been etched at the position where the resist 15a is formed by the difference in the etching rate of the etching agent relative to the first flattened layer 17 and the resist 15a. Then, when etching of the first flattened layer 17 ends at positions where the resist 15a is not formed, etching progresses to the underlying first transparent material layer 14 after etching of the resist 15a has already ended at placed where the resist 15a is formed by means of the difference in the etching speeds at locations where the resist 15a is formed and locations where the resist 15a is not formed. This time, etching of the first transparent material layer 14 progresses in proportion with the thickness of the resist layer 15a, that is, faster at locations where the resist layer 15a is thin than location where the resist layer 15a is thick; accordingly, when etching of the first transparent material layer 14 ends, a surface is formed which has the reverse shape of the softened and melted resist 15a, that is, the surface forms a concave lens 12a which has a concave curve on top. Regarding

the formation of the surface of the concave lens 12a, suitable transparent materials, resist, type of etching agent, and resist heating conditions are determined beforehand through experimentation, such that the focal point of the concave lens 12 can be positioned on the light-receiving surface 3a.

[0019] Thereafter, a layer made of a second transparent material is formed in direct contact with the top surface of the exposed first transparent material layer 14, that is, on the surface that forms the surface of the concave lens 12a, and a transparent flattened layer (second flattened layer) 13 shown in Fig. 1 is formed by flattening the obtained layer using well-known conventional flattening art to obtain a solid-state imaging device 1. Resins having a refractive index which is sufficiently higher than that of the first transparent resin, specifically, 1.5~1.7 or higher, for example, the previously mentioned transparent epoxy resin, transparent acrylic resin, and transparent resin and the like, may be used as the second transparent material.

[0020] Since the solid-state imaging device obtained in this manner is provided with a transparent lens layer with a concave lens 12a, and a transparent flattened layer 13 in contact with layer 12, and is formed such that the focal point of the concave lens 12a is on the light-receiving surface 3a as indicated by the arrow in Fig. 1 by means of the difference in the refractive indices of the transparent flattened layer 13 and transparent lens layer 12, the device has a high effective aperture efficiency similar to that of the conventional device.

[0021] In the method of manufacturing the solid-state

imaging device of the present invention, there is greater freedom in the selection of materials because well-known conventional transparent resins and the like can be used as the materials (second transparent material) which have a high refractive index for forming the outermost layer of the transparent flattened layer 13.

[0022] Fig. 3 shows a modification of the solid-state imaging device of the present invention; reference number 20 in Fig. 3 refers to a solid-state imaging device. The solid-state imaging device 20 differs from the solid-state imaging device 1 shown in Fig. 1 in that a transparent molding resin layer 21 is added to the solid-state imaging device 1 shown in Fig. 1. That is, in the solid-state imaging device 20 shown in Fig. 3, a transparent molding resin layer 21 is provided on the transparent flattened layer 13, to obtain a molded package structure. To obtain the solid-state imaging device 20, the solid-state imaging device 11 shown in Fig. 1 is sealed by a transparent molding resin using well-known mold sealing art in addition to the processes shown in Figs. 2(a) through 2(f), so as to obtain a molded package structure.

[0023] Since the outermost layer which is the transparent flattened layer 13 is made of a material (second transparent material) having a high refractive index in the solid-state imaging device 20 having the aforesaid structure, even when a transparent molding resin, such as, for example, transparent epoxy resin and the like, having a refractive index identical to that of the transparent flattened layer 13 is formed on the transparent flattened layer 13, the concave lens 12 suffers no loss of lens functionality, and the effective aperture efficiency is

accordingly increases in a typical molded package structure, which can be used as a molded package structure which is inexpensive to assemble.

[0024] Although a transparent molding resin layer 21 is formed on the transparent flattened layer 13 as a molded package structure in the above embodiment, instead of the transparent flattened layer 13, a functionality identical to that of the transparent flattened layer 13 can be obtained by forming a transparent molding resin layer in direct contact on the transparent lens layer 12 using a transparent resin potting seal or the like, and flattening the top surface (surface on the light-receiving surface 3a side) of the transparent molding resin layer. In this case, the assembling cost can be reduced by using the direct molding resin seal and omitting the process of forming the transparent flattened layer 13.

[0025] Fig. 4 shows an example of the formation of a transparent molding resin layer directly on the transparent lens layer 12 as an alternative to the transparent flattened layer 13; Reference number 40 in Fig. 4 refers to a solid-state imaging device, and reference number 41 refers to a CCD chip in which the transparent flattened layer 13 is omitted from the solid-state imaging device 11 of Fig. 1. The CCD chip 41 has a transparent lens layer 12 formed on its surface, and over which is formed a transparent molding resin layer 42 directly on and covering the transparent lens layer 12, and over this transparent molding resin layer 42 is formed transparent flat plate 43 made of transparent glass or transparent plastic lid so as to cover the top surface. A TAB lead 46 is further connected to an electrode 44 formed on the surface of the CCD chip 41 through a gold

bump 45. The electrode 44, gold bump 45, and connector of the TAB lead 46 are sealed with the transparent molding resin 42, and covered in that condition by the transparent flat plate 43.

[0026] Since, when manufacturing the solid-state imaging device 40 having the above structure, the process of forming the transparent flattened layer 13 is omitted as previously explained, and direct molding resin seal is used, the assembly cost is reduced, and surface flattening of the transparent molding resin layer 42 is readily accomplished by providing the transparent flat plate 43 thereon, the assembly cost is reduced even further.

[0027] Fig. 5 shows a second embodiment of the solid-state imaging device of the present invention; reference number 30 in Fig. 5 refers to a solid-state imaging device. The solid-state imaging device 30 differs from the solid-state imaging device 11 of Fig. 1 in that a passivation film 31 and color filter film 32 are provided between the insulating film 6, light-shield film 8, and transparent lens layer 12. That is, in the solid-state imaging device 30 shown in Fig. 4, a passivation film 31 is formed which covers the insulating film 6 and light-shield film 8, and a color filter film 32 is provided on the passivation film 31, over which is formed the transparent lens layer 12. Accordingly, since the solid-state imaging device 30 having this structure selectively receives only a specific wavelength range of the incidence light which can then be photoelectrically converted, it can be used for a color display by using, for example, three types of color filter films corresponding to red, blue, and green wavelength ranges as the color filter film 32.

[0028] [EFFECT OF THE INVENTION] The previously described solid-state imaging device of the present invention provides a transparent lens layer having a concave lens with the concavity facing the opposite side relative to the light-receiving surface, and provides flattened transparent layer, which is made of a transparent material having a higher refractive index than the material of the transparent lens layer, superimposed over and in contact with the transparent lens layer, if the transparent lens layer is formed beforehand such that the focal point of the concave lens is on the light-receiving surface by means of the difference in the refractive indices of the transparent flattened layer and the transparent lens layer, then the device has a high effective aperture efficiency similar to that of the conventional device. Furthermore, since the outermost transparent flattened layer is formed of a material having a high refractive index, well-known conventional transparent resins can be used as the material, for example, thereby providing greater freedom in material selection. Moreover, since the light condensing effectiveness of the lens is not affected by the sealing method, and since a molded package structure can be used rather than using a hollow package structure, assembly costs can be reduced compared to the conventional art.

[0029] Assembly costs can be further reduced because a transparent molding resin can be used directly as the material forming the transparent flattened layer. In addition, dicing or dust generated during the assembly process can be easily eliminated since the surface is flattened by providing the transparent flattened layer, thereby facilitating ease of manufacture. The method of



manufacturing the solid-state imaging device of the present invention greatly improves production efficiency by producing a solid-state imaging device having superior effectiveness.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

Fig. 1 is a side cross section view schematically showing the structure of a first embodiment of the solid-state imaging device of the present invention;

Figs. 2(a) to 2(f) are side cross section views sequentially showing the procedures for manufacturing the solid-state imaging device of the present invention;

Fig. 3 is a side cross section view schematically showing the structure of a modification of the solid-state imaging device shown in Fig. 1;

Fig. 4 is a side cross section view schematically showing the structure of another modification of the solid-state imaging device shown in Fig. 1;

Fig. 5 is a side cross section view schematically showing the structure of a second embodiment of the solid-state imaging device of the present invention; and

Fig. 6 is a side cross section view schematically showing the structure of a conventional solid-state imaging device.

[Key to Reference Numbers]

3) Photoreceptor

3a) Light-receiving surface

8) Light-shield film

11, 20, 30, 40) Solid-state imaging device

12) Transparent lens layer

12a) Concave lens

13) Transparent flattened layer (second flattened

layer)

- 14) First transparent material layer
- 15) Resist pattern
- 15a) Resist
- 16) Channel
- 17) First flattened layer
- 41) CCD chip
- 42) Transparent mold resin layer
- 43) Transparent flat plate

【図4】図1に示した固体撮像装置の他の変形例の概略構成を示す側断面図である。

【図5】本発明の固体撮像装置の第二実施形態例の概略構成を示す側断面図である。

【図6】従来の固体撮像装置に概略構成を示す側断面図である。

【符号の説明】

3 受光部 3a 受光面 8 遮光膜  
11、20、30、40 固体撮像装置 12 透明\*

\* レンズ層

12a 凹レンズ 13 透明平坦化層 (第二の平坦化層)  
14 第一の透明材料層 15 レジストパターン  
15a レジスト  
16 溝 17 第一の平坦化層 41 CCDチップ  
42 透明モールド樹脂層 43 透明平坦板

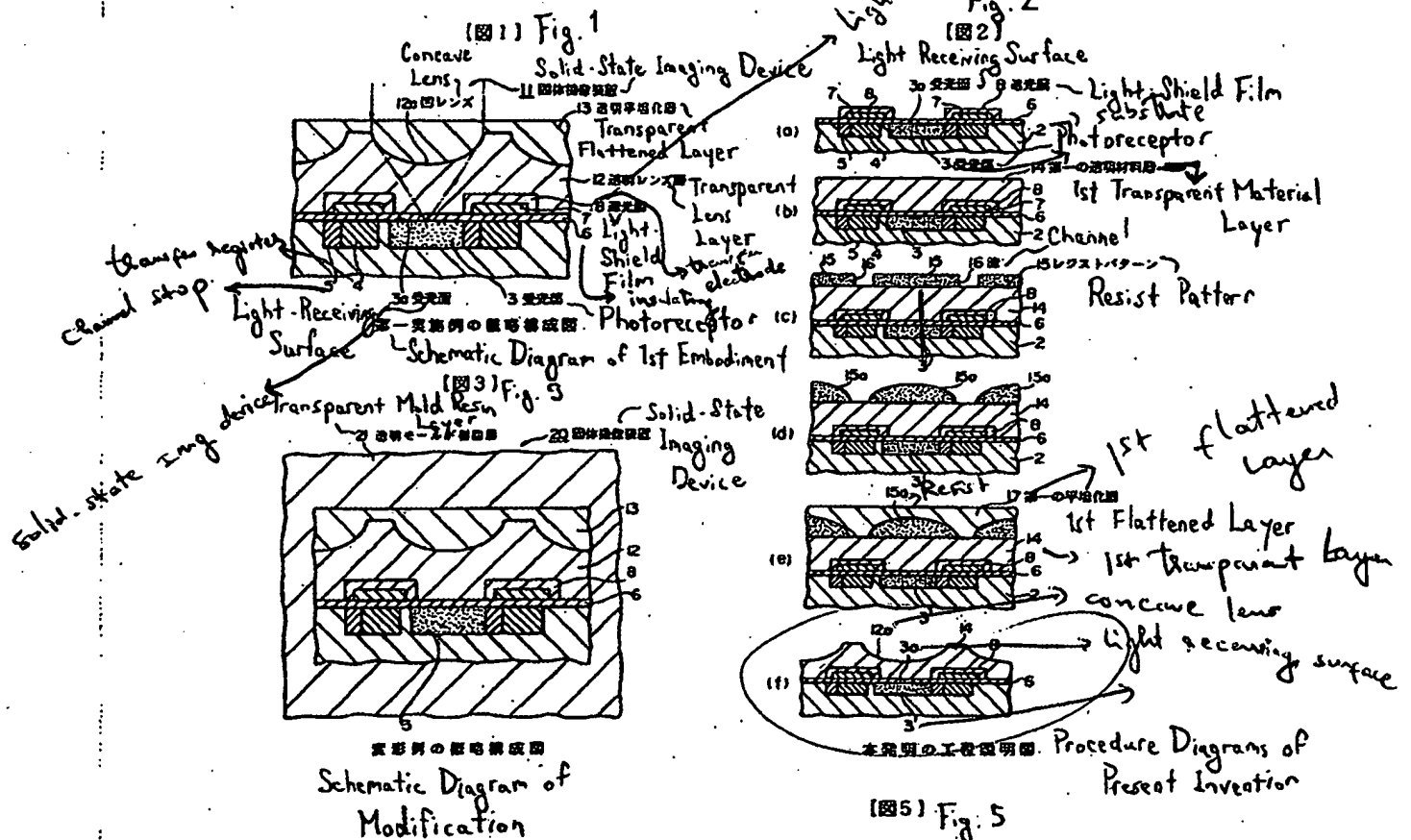
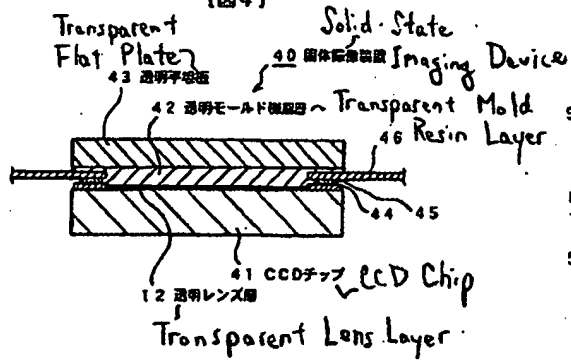
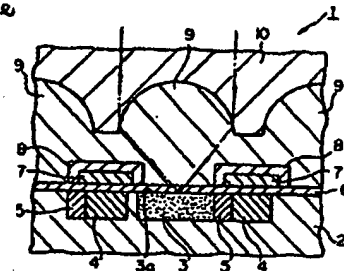


Fig. 4  
[図4]

変形例の概略構成図

Schematic Diagram of  
Modif. cationFig. 6  
[図6]

Prior Art



従来品の概略構成図

Schematic Diagram  
of Prior Art

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-27608

(43) 公開日 平成9年(1997)1月28日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	国際記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/14			H 0 1 L 27/14	D
G 0 2 B 3/00			G 0 2 B 3/00	A
H 0 1 L 27/148			H 0 4 N 5/335	V
H 0 4 N 5/335			H 0 1 L 27/14	B

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特開平8-116196

(22) 出願日 平成8年(1996)5月10日

(31) 優先権主張番号 特開平7-112790

(32) 優先日 平7(1995)5月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 鈴木 国也

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 飯塚 哲也

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 山中 英雄

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

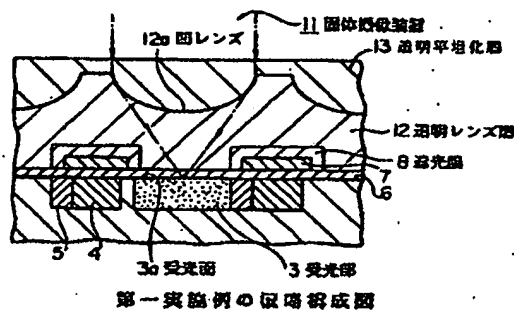
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 中空パッケージ構造を採ることなく、モールドパッケージ構造を採用することのできるマイクロレンズ構造を有した、固体撮像装置とその製造方法の提供が望まれている。

【解決手段】 光電変換を行う受光部3と、受光部3の受光面3aを覆うことなく設けられた遮光膜8とを備えた固体撮像装置11である。受光面3aを覆ってこれと反対の側に凹となる凹レンズ12aを有した第一の透明材料からなる透明レンズ層12が設けられている。透明レンズ層12上には、第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなり、少なくともその最上面が平坦化されてなる透明平坦化層13が透明レンズ層12に接して設けられている。また、この固体撮像装置11の製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光電変換を行う受光部と、該受光部の受光面を覆うことなく設けられた遮光膜とを備えた固体撮像装置において、

前記受光部の受光面を覆って、該受光面と反対の側に向かって凹となる凹レンズを有した第一の透明材料からなる透明レンズ層を設け、

該透明レンズ層上に、前記第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなり、少なくともその最上層が平坦化されてなる透明平坦化層を前記透明レンズ層に接して設けたことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 光電変換を行う受光部と、該受光部の受光面を覆うことなく設けられた遮光膜とを備えた固体撮像装置の製造方法であって、

前記受光部の受光面および遮光膜を覆って第一の透明材料からなる第一の透明材料層を形成する工程と、

該第一の透明材料層上にレジスト層を形成するとともに、該レジスト層の、前記受光面の周縁の直上位置近傍に溝を形成する工程と、

前記レジスト層を加熱して軟化・溶融させる工程と、軟化・溶融させたレジスト層上に第一の平坦化層を形成する工程と、

該第一の平坦化層に対してより前記レジスト層に対して大きなエッチングレートとを有するエッチング剤を用いてエッチングし、前記第一の平坦化層および前記レジスト層を除去して前記第一の透明材料層を露出させる工程と、

露出した第一の透明材料層上に、これに接して前記第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなる第二の平坦化層を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電荷結合素子(CCD)等を用いてなる固体撮像装置とその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の固体撮像装置では、転送レジスタなど光電変換に寄与しない領域が各画素に存在しているため、画素面全体に占める受光部の受光面の開口率が通常50%以下となり、入射光の利用率が十分でないといった不満がある。このような不満を解消し、その感度向上を達成するため、例えば画素面全体に占める受光面の割合を高くするといったことも考えられるが、受光面の割合を高くすることは構造的に限界があることから、近年では、受光面の上に凸型のマイクロレンズを設け、入射した光を受光面に集中させて効率的な集光をなし、実効的な開口率を高めるようにした、いわゆるオンチップマイクロレンズを有した固体撮像装置が提供されている。

【0003】図6はこのような凸型マイクロレンズを用いた従来の固体撮像装置の一例を示す要部側断面図である。図6において符号1は固体撮像装置、2はシリコンウエハ等からなる半導体基板である。半導体基板2には、その表層部に光電変換を行う受光部3と、転送レジスタ4およびチャネルストップ5とが形成されており、さらにその表面には薄い絶縁膜6が形成されている。また、絶縁膜6の上には、前記転送レジスタ4を駆動させる転送電極7が形成され、さらに転送電極7と転送レジスタ4への光の入射を防ぐため該転送電極7を覆って遮光膜8が形成されている。ここで、絶縁膜6上に形成された遮光膜8は、前記受光部3の受光面3aを覆うことなく形成されたものとなっている。

【0004】そして、これら各構成要素からなる単位画素の上には、透明樹脂等からなる凸型のマイクロレンズ9が、上方に向かって凸に形成されている。このマイクロレンズ9は、前記受光部3の受光面3aをその焦点とするように形成配置されたものであり、このような構成によって固体撮像装置1は、図6中矢印で示すように光が入射すると、マイクロレンズ9の集光効果によって入射光を受光面3aに集め、これによりその実効開口率を高めたものとなっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記固体撮像装置1では、マイクロレンズ9に集光効果をもたせるため、該レンズ9の上側には空気あるいは該レンズ9の材料より十分屈折率が低い物質からなる低屈折率層10で覆うことが必要となる。したがって、パッケージの構造としては、チップと封止材との間に空気を挟んだいわゆる中空パッケージ構造が理想となる。ところが、この中空パッケージ構造は、半導体装置として一般的なモールドパッケージ構造に比べ高い組み立てコストを要することから、そのコスト低減が強く望まれている。

【0006】一方、モールドパッケージ構造を採用した場合では、透明度、耐温度、強度その他のモールド材に求められる性能にさらに低屈折率の条件が加わるため、モールド樹脂材料の選択が非常に強い制約を受けることになり、実際にはその材料として適宜なものが見いだせないのが現状である。本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、中空パッケージ構造を採ることなく、モールドパッケージ構造を採用することのできるマイクロレンズ構造を有した、固体撮像装置とその製造方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の固体撮像装置では、受光部の受光面を覆って、該受光面と反対の側に向かって凹となる凹レンズを有した第一の透明材料からなる透明レンズ層を設け、該透明レンズ層上に、前記第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなり、少なくともその最上層が平坦化されてなる透明平

3

平坦化層を前記透明レンズ層に接して設けたことを前記課題の解決手段とした。

【0008】この固体撮像装置によれば、受光面に対してその反対の側に向かって凹となる凹レンズを有した透明レンズ層を有し、さらにこの透明レンズ層の上に、これに接して該透明レンズ層の材料より高い屈折率の透明材料からなる透明平坦化層を有している。透明平坦化層と透明レンズ層との屈折率の差によって形成される前記凹レンズの焦点を、受光面に合うように予め透明レンズ層を形成しておけば、従来のものと同様に実効開口率が高いものとなる。また、最外層となる透明平坦化層が屈折率の高い材料で形成されることから、例えばこの材料として従来公知の透明樹脂等を用いることが可能になり、その材料選択の自由度が大きくなるとともに、中空パッケージ構造を採る必要がなくなるため、その組み立てコストの低減化が可能になる。さらに、透明平坦化層を形成する材料としてそのままモールド樹脂を用いることも可能になり、その場合には一層組み立てコストの低減化を進めることが可能になる。

【0009】また、本発明の固体撮像装置の製造方法では、受光部の受光面および遮光膜を覆って第一の透明材料からなる第一の透明材料層を形成する工程と、該第一の透明材料層上にレジスト層を形成するとともに、該レジスト層の、前記受光面の周縁の直上位置近傍に溝を形成する工程と、前記レジスト層を加熱して軟化・溶融させる工程と、軟化・溶融させたレジスト層上に第一の平坦化層を形成する工程と、該第一の平坦化層に対してより前記レジスト層に対して大きなエッチングレートを有するエッチング剤を用いてエッチングし、前記第一の平坦化層および前記レジスト層を除去して前記第一の透明材料層を露出させる工程と、露出した第一の透明材料層上に、これに接して前記第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなる第二の平坦化層を形成する工程と、を備えたことを前記課題の解決手段とした。

【0010】また、この固体撮像装置の製造方法によれば、受光面上に第一の透明材料層を形成し、この上にレジスト層を形成して該レジスト層の、前記受光面の周縁の直上位置近傍に溝を形成し、その後該レジスト層を加熱して軟化・溶融させるので、該レジスト層は、その表面張力によって前記溝側で低く、該溝から離れた位置で高くなり、上に凸となる湾曲形状となる。そして、このレジスト上に第一の平坦化層を形成し、該第一の平坦化層に対してより前記レジスト層に対して大きなエッチングレートを有するエッチング剤を用いてエッチングするので、レジスト層が設けられた位置では、第一の平坦化層がエッチングされた後そのエッチング速度が速まる。

【0011】よって、レジスト層が設けられていない箇所では第一の平坦化層のエッチングが終了したときには、レジスト層が設けられている箇所ではすでにレジスト層

4

のエッチングを終了し、その下の第一の透明材料層のエッチングに進んでいる。このとき、第一の透明材料層でのエッチングは、レジスト層の厚さに対応して、すなわちレジスト層が厚い箇所ではより速く進行し、レジスト層の薄い箇所ではより遅く進行しており、したがって第一の透明材料層には、エッチングが終了したとき、前記軟化・溶融後のレジスト層と逆の形状、すなわち上に凹となる湾曲形状が形成される。そして、このように上に凹の湾曲形状を第一の透明材料層に形成した後、該第一の透明材料層上に、これに接して前記第一の透明材料より高い屈折率を有する第二の透明材料からなる第二の平坦化層を形成するので、前記凹の湾曲形状部を凹レンズとし、その上に透明材料からなる透明平坦化層を有した、前記の固体撮像装置が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施形態例により詳しく説明する。図1は本発明の固体撮像装置の第一実施形態例を示す図であり、図1中符号11は固体撮像装置である。この固体撮像装置11が図6に示した固体撮像装置1と異なるところは、絶縁膜6および遮光膜8の上に形成されたマイクロレンズの構造にある。すなわち、図1に示した固体撮像装置11では、受光部3の受光面3aを覆って絶縁膜6の上に透明レンズ層12が形成され、該透明レンズ層12の上には透明平坦化層13が形成されている。

【0013】透明レンズ層12は、CYTOP（商品名：旭硝子社製）等のフッ素系透明樹脂や、屈折率が低く調整されたアクリル系透明樹脂などの材料（第一の透明材料）からなるもので、その屈折率が1.2～1.4程度のものである。また、この透明レンズ層12には、その上面、すなわち受光面3aと反対の側の面に、該受光面3aと反対の側に向かって凹となる凹レンズ12aが多数形成されている。これら凹レンズ12aは、それぞれ固体撮像装置1の単位画素毎に一つずつ形成されたもので、後述するようにその焦点が同じ単位画素にある受光部3の受光面3a上に合わされたものとなっている。

【0014】透明平坦化層13は、屈折率が比較的高く調整されたエポキシ系透明樹脂あるいはアクリル系透明樹脂、さらには透明なシリコン樹脂などの材料（第二の透明材料）からなるもので、その屈折率が1.5～1.7程度に調整されたものである。また、この透明平坦化層13は、前記透明レンズ層12の上面に直接して形成されたものとなっており、したがって前記凹レンズ12aは、その上側（光入射側）と下側（光出射側）との屈折率の差により、すなわち光入射側である透明平坦化層13の方が屈折率が高く、光出射側である透明レンズ層12の方が屈折率が低いことにより、透明平坦化層13の上から入射した光を図1中矢印で示すように分散させることなく一箇所に集めるようになっていく。

50

【0015】次に、このような構成の固体撮像装置11の製造方法に基づき、本発明の製造方法の一実施形態例を説明する。まず、図2(a)に示すように、半導体基板2に受光部3、転送レジスタ4、チャネルストップ5等の各構成要素を、フォトリソ、イオン打ち込み等の技術によって従来と同様に形成し、さらにその上に絶縁膜6、転送電極7、遮光膜8を、フォトリソ、イオン打ち込み、熱酸化、デポジションといった技術によってやはり従来と同様に形成しておく。次に、絶縁膜6、遮光膜8を覆って第一の透明材料からなる第一の透明材料層14を形成する。第一の透明材料としては、前述したように屈折率が1.2~1.4程度のフッ素系透明樹脂やアクリル系透明樹脂などが用いられる。なお、この第一の透明材料層14の形成にあたっては、従来公知の方法によってその上面を平坦化しておく。

【0016】次いで、この第一の透明材料層14の上にレジスト層を形成する。レジスト層を形成するためのレジストとしては、特に限定されることなく、例えばポリメチルメタクリレート(PMMA)など従来公知のものが使用可能である。そして、形成したレジスト層を公知の露光・現像技術によってパターンニングし、図2(c)に示すように前記受光面3aの周縁の直上位置近傍に溝16を形成する。そして、得られたレジスト層からなるレジストパターン15…を加熱し、該レジストパターン15…を軟化・溶融させる。加熱処理としては、用いたレジストによっても異なるものの、例えば前記ポリメチルメタクリレートを用了場合には約150℃で数分間程度行う。このようにして加熱処理を行うと、レジストパターンは、その表面張力によって前記溝16側で低く、該溝16から離れた位置で高くなり、結果として図2(d)に示すように上に凸となる湾曲形状のレジスト15aとなる。

【0017】次いで、軟化・溶融させてなるレジスト15a上に例えばノボラック樹脂等のレジスト材料などからなる層を形成し、さらにこの層の表面を公知の平坦化技術により平坦化して図2(e)に示すように第一の平坦化層17を形成する。続いて、この第一の平坦化層17に対して、すなわち該第一の平坦化層17の形成材料に対してより、前記レジスト層(レジスト15a)に対してより大きなエッチングレートをも有するエッチング剤、例えば酸素プラズマを用いてエッチングを行い、図2(f)に示すように前記第一の平坦化層17および前記レジスト15aを除去し、前記第一の透明材料層14を露出させる。

【0018】このようなエッチングを行うと、用いたエッチング剤の、第一の平坦化層17とレジスト15aとに対するエッチングレートの差により、レジスト15aが形成された位置では、第一の平坦化層17がエッチングされた後そのエッチング速度が遅まる。そして、このようにレジスト15aが形成された箇所と形成されてい

ない箇所との間でエッチング速度に差が生じることにより、レジスト15aが形成されていない箇所では第一の平坦化層17のエッチングが終了したときには、レジスト15aが形成されている箇所ではすでに該レジスト15aのエッチングを終了し、その下の第一の透明材料層14のエッチングに進んでいる。このとき、第一の透明材料層14でのエッチングは、レジスト15aの厚さにはほぼ比例して、すなわちレジスト15aが厚い箇所ではより速く進行し、レジスト15aの薄い箇所ではより遅く進行しており、したがって第一の透明材料層14には、エッチングが終了したとき、前記軟化・溶融後のレジスト15aと逆の形状、すなわち上に凹の湾曲形状である凹レンズ12aの面が形成される。なお、この凹レンズ12aの面の形成については、予め実験等によって各透明材料やレジスト、エッチング剤の種類、さらにはレジストの加熱条件等を適宜に決定しておき、該凹レンズ12aの焦点が受光面3a上に位置するようにしておく。

【0019】その後、露出した第一の透明材料層14の面上、すなわち凹レンズ12aの面が形成された表面上に、これに接して第二の透明材料からなる層を形成し、さらに得られた層を従来公知の平坦化技術で平坦化して図1に示した透明平坦化層(第二の平坦化層)13を形成し、固体撮像装置1を得る。第二の透明材料としては、前記第一の透明材料より十分に高い屈折率、具体的には1.5~1.7あるいはこれ以上の屈折率を有するものが用いられ、例えば前述したようにエポキシ系透明樹脂やアクリル系透明樹脂、さらには透明なシリコン樹脂などが用いられる。

【0020】このようにして得られた固体撮像装置1にあっては、凹レンズ12aを有した透明レンズ層12と、これに接する透明平坦化層13とを有し、透明平坦化層13と透明レンズ層12の屈折率の差によって形成される前記凹レンズ12aの焦点を、図1中矢印で示すように受光面3aに合うように形成されているので、従来のものと同様に実効開口率が高いものとなる。

【0021】また、このような固体撮像装置1の製造方法にあっては、最外層となる透明平坦化層13を屈折率の高い材料(第二の透明材料)で形成することから、この材料として従来公知の透明樹脂等を用いることができ、これによりその材料選択の自由度を大きくすることができ。

【0022】図3は本発明の固体撮像装置の変形例を示す図であり、図3において符号20は固体撮像装置である。この固体撮像装置20が図1に示した固体撮像装置11と異なるところは、図1に示した固体撮像装置11に加え、透明モールド樹脂層21を加えた点にある。すなわち、図3に示した固体撮像装置20では、透明平坦化層13の上に透明モールド樹脂層21が設けられ、これによりモールドパッケージ構造とされたものである。このような固体撮像装置20を得るには、図2(a)~



(f)に示した工程に加え、公知のモールド封止技術によって図1に示した固体撮像装置11を透明なモールド樹脂で封止し、これによりモールドパッケージ構造を得る。

【0023】このような構成の固体撮像装置20においては、最外層となる透明平坦化層13が屈折率の高い材料(第二の透明材料)から形成されているので、例えばエポキシ系透明樹脂など透明平坦化層13と同程度の屈折率の透明モールド樹脂を透明平坦化層13の上に形成しても凹レンズ12aのレンズ機能を損なうことがなく、したがって実効開口率を高めることができるとともに、パッケージ構造として一般的であり、組み立てコストの安いモールドパッケージ構造を採用することができる。

【0024】なお、前記実施形態例では、透明平坦化層13の上に透明なモールド樹脂層21を形成してモールドパッケージ構造としたが、例えば、透明平坦化層13に代えて、透明樹脂のボッティング封止などにより透明モールド樹脂層を直接透明レンズ層12の上に形成し、該透明モールド樹脂層の上面(受光面3a側の面)を平坦化して該透明モールド樹脂層を前記透明平坦化層13と同様に機能させてもよい。この場合、透明平坦化層13の形成工程を省略して直接モールド樹脂封止が行えるので、その組み立てコストをさらに低減することができる。

【0025】図4は、透明平坦化層13に代えて、透明モールド樹脂層を直接透明レンズ層12の上に形成した具体例を示す図であり、図4中符号40は固体撮像装置、41は図1に示した固体撮像装置11から透明平坦化層13を除いたCCDチップである。CCDチップ41には、その表面に形成された透明レンズ層12の上を直接覆って透明モールド樹脂層42が形成され、さらにこの透明モールド樹脂層42上には、その上面を覆って透明ガラスあるいは透明プラスチックリッドからなる透明平坦板43が設けられている。また、CCDチップ41には、その表面に形成された電極44に金パンプ45を介してTABリード46が接続されている。これら電極44、金パンプ45、TABリード46の接続部は、前記透明モールド樹脂42に封止され、かつその状態で前記透明平坦板43によって覆われている。

【0026】このような構成の固体撮像装置40においては、これを製造するに際して、前述したように透明平坦化層13の形成工程を省略して直接モールド樹脂封止が行えるので、その組み立てコストを低減することができる。しかも、透明モールド樹脂層42の表面平坦化を、これの上に透明平坦板43を設けることによって容易に行えるため、より一層組み立てコストの低減化を進めることができる。

【0027】図5は本発明の固体撮像装置の第二実施形態例を示す図であり、図5において符号30は固体撮像

装置である。この固体撮像装置30が図1に示した固体撮像装置11と異なるところは、絶縁膜6および遮光膜8と透明レンズ層12との間にパッシベーション膜31、カラーフィルタ膜32が設けられている点である。すなわち、図4に示した固体撮像装置30では、絶縁膜6および遮光膜8を覆ってパッシベーション膜31が形成され、このパッシベーション膜31の上にカラーフィルタ膜32が設けられ、さらにこの上に透明レンズ層12が形成された構造となっている。したがって、このような構成の固体撮像装置30においては、入射光のうち一定の波長範囲のみを選択的に受光し、これを光電変換することができることから、例えばカラーフィルタ膜32として赤、青、緑の波長範囲に対応した三種のものをを用いることにより、カラー表示を行うことができるものとなる。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明の固体撮像装置は、受光面に対してその反対の側に向かって凹となる凹レンズを有した透明レンズ層を有し、さらにこの透明レンズ層の上に、これに接して該透明レンズ層の材料より高い屈折率の透明材料からなる透明平坦化層を有したものであるから、透明平坦化層と透明レンズ層との屈折率の差によって形成される前記凹レンズの焦点を、受光面に合うように予め透明レンズ層を形成しておけば、従来のものと同様に高い実効開口率を有したものとなる。また、最外層となる透明平坦化層が屈折率の高い材料で形成されることから、例えばこの材料として従来公知の透明樹脂等を用いることができ、その材料選択の自由度を大きくすることができる。また、レンズの集光効果が封止方法に左右されないため、ともに、中空パッケージ構造を採ることなく、モールドパッケージ構造を採用することができることから、従来に比べ組み立てコストを低減することができる。

【0029】さらに、透明平坦化層を形成する材料としてそのまま透明モールド樹脂を用いることもできることから、その場合に一層組み立てコストの低減化を図ることができる。また、透明平坦化層が設けられたことによってその表面が平坦化されているため、ダイシングまたは組み立て工程で発生するダストを除去し易く、これによりその製造が容易になる。また、本発明の固体撮像装置の製造方法は、前記の優れた効果を奏する固体撮像装置を製造することができることから、産業上きわめて有効なものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の固体撮像装置の第一実施形態例の概略構成を示す側断面図である。

【図2】(a)～(f)は本発明の固体撮像装置の製造方法を工程順に説明するための要部側断面図である。

【図3】図1に示した固体撮像装置の一変形例の概略構成を示す側断面図である。

【図4】図1に示した固体撮像装置の他の変形例の概略構成を示す側断面図である。

【図5】本発明の固体撮像装置の第二実施形態例の概略構成を示す側断面図である。

【図6】従来の固体撮像装置に概略構成を示す側断面図である。

【符号の説明】

3 受光部 3a 受光面 8 遮光膜  
11、20、30、40 固体撮像装置 12 透明\*

\* レンズ層

12a 凹レンズ 13 透明平坦化層（第二の平坦化層）

14 第一の透明材料層 15 レジストパターン

15a レジスト

16 溝 17 第一の平坦化層 41 CCDチップ

42 透明モールド樹脂層 43 透明平坦板

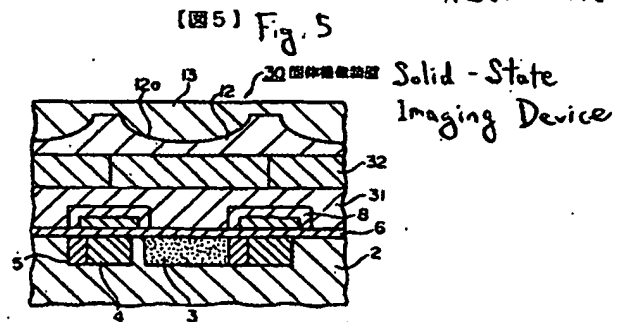
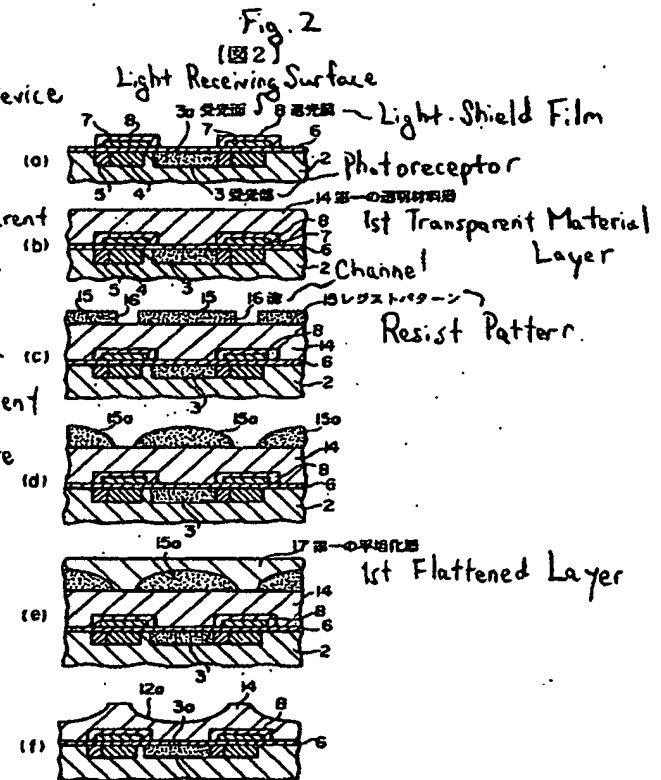
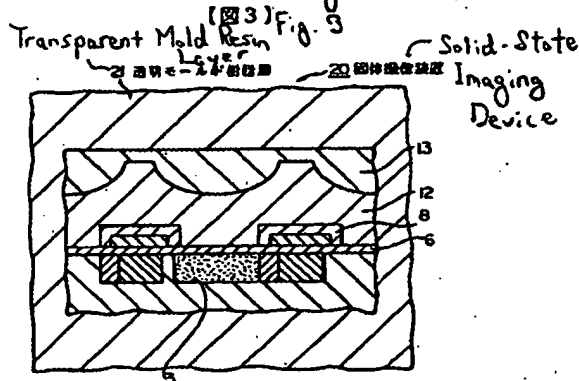
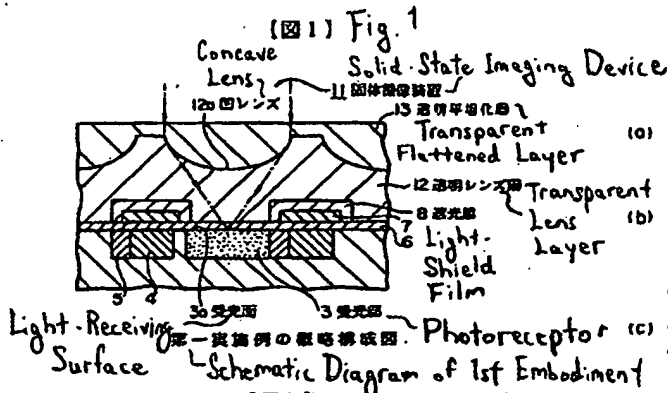
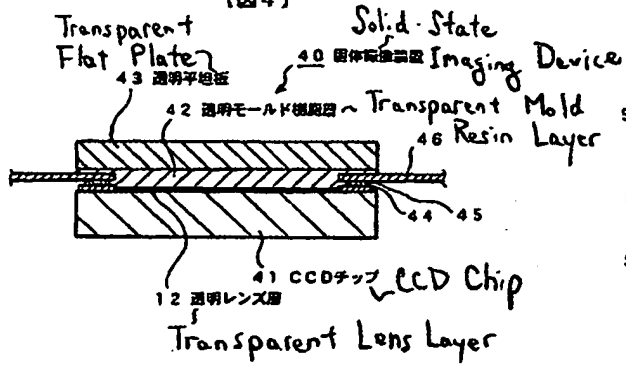
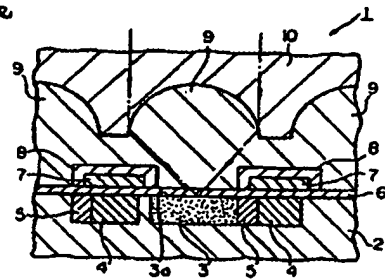


Fig. 4  
[図4]

変形例の概略構成図

Schematic Diagram of  
ModificationFig. 6  
[図6]

従来品の概略構成図

Schematic Diagram  
of Prior Art